

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/014264

International filing date: 28 July 2005 (28.07.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-224676
Filing date: 30 July 2004 (30.07.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 01 September 2005 (01.09.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 7 月 3 0 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 2 2 4 6 7 6

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号
J P 2 0 0 4 - 2 2 4 6 7 6
The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

出 願 人
Applicant(s): 株式会社半導体エネルギー研究所

2 0 0 5 年 8 月 1 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】	特許願
【整理番号】	P008061
【提出日】	平成16年 7月30日
【あて先】	特許庁長官 殿
【発明者】	
【住所又は居所】	神奈川県厚木市長谷3 9 8番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
【氏名】	田中 幸一郎
【発明者】	
【住所又は居所】	神奈川県厚木市長谷3 9 8番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
【氏名】	山本 良明
【発明者】	
【住所又は居所】	神奈川県厚木市長谷3 9 8番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
【氏名】	小俣 貴嗣
【特許出願人】	
【識別番号】	000153878
【氏名又は名称】	株式会社半導体エネルギー研究所
【代表者】	山崎 舜平
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	002543
【納付金額】	16,000円
【提出物件の目録】	
【物件名】	特許請求の範囲 1
【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

第 1 のレーザ発振器と、第 2 のレーザ発振器と、前記第 1 のレーザ発振器より出射された第 1 のレーザビームの端部を遮断するためのスリットと、集光レンズとを有し、
前記第 1 のレーザビームが照射面に照射される範囲を覆って前記第 2 のレーザ発振器より出射される第 2 のレーザビームを照射する手段と、
前記第 1 のレーザビームおよび前記第 2 のレーザビームに対して、前記照射面を相対的に第 1 の方向に移動する手段と、
前記第 1 のレーザビームおよび前記第 2 のレーザビームに対して、前記照射面を相対的に第 2 の方向に移動する手段とを有することを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 2】

第 1 のレーザ発振器と、第 2 のレーザ発振器と、回折光学素子と、前記第 1 のレーザ発振器より出射された第 1 のレーザビームの端部を遮断するためのスリットと、集光レンズとを有し、
前記第 1 のレーザビームが回折光学素子を通った後に照射面に照射される範囲を覆って、前記第 2 のレーザ発振器より出射される第 2 のレーザビームを照射する手段と、
前記第 1 のレーザビームおよび前記第 2 のレーザビームに対して、前記照射面を相対的に第 1 の方向に移動する手段と、
前記第 1 のレーザビームおよび前記第 2 のレーザビームに対して、前記照射面を相対的に第 2 の方向に移動する手段とを有することを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、
前記第 1 のレーザビームは、非線形光学素子によって変換された高調波であることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項において、
前記第 1 のレーザ発振器と前記第 2 のレーザ発振器は、YAG レーザ、YVO₄ レーザ、YLF レーザ、YAlO₃ レーザ、GdVO₄ レーザ、Y₂O₃ レーザなどの連続発振の固体レーザ、GaN レーザ、GaAs レーザ、InAs レーザなどの半導体レーザのいずれかであることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、
前記集光レンズは、シリンドリカルレンズまたは球面レンズであることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 6】

第 1 のレーザ発振器より第 1 のレーザ光を発振し、
前記第 1 のレーザ光をスリットを通して第 2 のレーザ光とし、
前記第 2 のレーザ光を集光レンズを用いて第 3 のレーザ光とし、
前記第 3 のレーザ光を照射面に入射すると共に、第 2 のレーザ発振器より第 4 のレーザ光を発振して前記照射面において前記第 3 のレーザ光に重ねて照射し、
前記第 3 のレーザと前記第 4 のレーザを前記照射面に対して相対的に走査することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 7】

第 1 のレーザ発振器より第 1 のレーザ光を発振し、
前記第 1 のレーザ光を回折光学素子を通して第 2 のレーザ光とし、
前記第 2 のレーザ光をスリットを通して第 3 のレーザ光とし、
前記第 3 のレーザ光を集光レンズを用いて第 4 のレーザ光とし、
前記第 4 のレーザ光を照射面に入射すると共に、第 2 のレーザ発振器より第 5 のレーザ光を発振して前記照射面において前記第 4 のレーザ光に重ねて照射し、
前記第 4 のレーザと前記第 5 のレーザを前記照射面に対して相対的に走査することを特徴

とするレーザ照射方法。

【請求項 8】

請求項 6 または請求項 7 において、

前記第 1 のレーザビームは、非線形光学素子によって変換された高調波を用いることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 9】

請求項 6 乃至請求項 8 のいずれか一項において、

前記第 1 のレーザ発振器と前記第 2 のレーザ発振器は、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、GdVO₄レーザ、Y₂O₃レーザなどの連続発振の固体レーザ、GaNレーザ、GaAsレーザ、InAsレーザなどの半導体レーザのいずれかを用いることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 10】

請求項 6 乃至請求項 9 のいずれか一項において、

前記集光レンズは、シリンドリカルレンズまたは球面レンズを用いることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 11】

請求項 6 乃至請求項 10 のいずれか一項において、

前記第 2 のレーザビームのレーザスポットは、前記第 1 のレーザビームのビームスポットの全てを照射面において覆うことを特徴とするレーザ照射方法。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ照射装置およびレーザ照射方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体材料などに対して行われるようなアニールを、均一にかつ効率よく行うためのレーザ照射装置（レーザと、このレーザから出力されるレーザ光を被照射体まで導くための光学系を含む装置）およびレーザ照射方法に関するものである。また、前記のレーザ処理の工程を含んで作製された半導体装置の作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、基板上に薄膜トランジスタ（以下、TFTと記す）を製造する技術が大幅に進歩し、アクティブマトリクス型表示装置への応用開発が進められている。特に、多結晶半導体膜を用いたTFTは、従来の非結晶半導体膜を用いたTFTよりも電解効果移動度（モビリティともいう）が高いため、高速動作が可能である。そのため、従来では基板の外に設けられていた駆動回路で行っていた画素の制御を、画素と同一の基板上に形成した駆動回路で行うことが用いられている。

【0003】

ところで、半導体装置に用いる基板はコストの面から、単結晶半導体基板よりもガラス基板が有望視されている。ガラス基板は耐熱性に劣り、熱変形しやすいため、ガラス基板上に多結晶半導体膜を用いたTFTを形成するために半導体膜を結晶化するには、ガラス基板の熱変形を避けるためにレーザアニールがしばしば用いられる。

【0004】

レーザアニールの特徴は、輻射加熱あるいは伝導加熱を利用するアニール法と比較して、処理時間を大幅に短縮することができることや、半導体基板または半導体膜を選択的、局部的に加熱して、基板にほとんど熱的損傷を与えないことなどが挙げられる。

【0005】

レーザアニールに用いられるレーザ発振器は、その発振方法によってパルス発振と連続発振の2種類に大別される。近年では、半導体膜の結晶化において、エキシマレーザのようなパルス発振のレーザ発振器よりも、ArレーザやYVO₄レーザのような連続発振のレーザ発振器を用いる方が、半導体膜内に形成される結晶の粒径が大きくなることが見出されている。半導体膜内の結晶粒径が大きくなると、この半導体膜を用いて形成されるTFTチャネル領域に入る粒界の数が減る。従って、移動度が高くなり、より高性能なデバイスの開発に利用することができる。そのため、連続発振のレーザ発振器は脚光を浴びている。

【0006】

通常、半導体膜のレーザアニールに用いられるレーザビームのスポットの形状は線状であり、半導体膜上に線状に整形されたレーザビームのスポットを走査させ、レーザアニールが行われる。レーザビームのスポットを線形に整形することで、一度にレーザアニールできる面積を大きくすることができる。なお、本明細書では、照射面における形状が線状、矩形状であるレーザビームをそれぞれ線状ビーム、矩形状ビームと呼ぶ。なお、ここでいう「線状」は、厳密な意味で「線」を意味しているのではなく、アスペクト比が大きい矩形（例えば、アスペクト比が10以上（好ましくは100～10000））を意味する。なお、線状とするのは被照射体に対して十分なアニールを行うためのエネルギー密度を確保するためであり、矩形状や面状であっても被照射体に対して十分なアニールを行える程度であればよい。将来的には面状ビームを用いてレーザアニールを行う可能性もある。

【0007】

一方、半導体装置に通常用いられる厚さ数十～数百nmの珪素膜をYAGレーザやYVO₄レーザで結晶化させる場合、基本波よりも波長が短い第二高調波を用いる。これは、基本波よりも第二高調波の方が半導体膜に対するレーザ光の吸収係数が大きいいため、半導体膜の結晶化を効率良く行うことができるからである。なお、本工程に基本波を用いること

はほとんど無い。

【 0 0 0 8 】

しかしながら、連続発振のレーザ照射器を用いてレーザアニールを行うにあたって、照射面においてアニールの状態が不均一になるという問題がある。その原因として、連続発振のレーザ照射器から射出されたレーザビームは、ガウス分布で中心から端に向かってエネルギーが弱まる特徴を有していることが挙げられる。従って、均一にアニールすることは難しい。

【 0 0 0 9 】

本出願人らは、これら従来のレーザ照射装置が有する問題点を解決したレーザ照射装置を既に提案している。

【特許文献 1】 特開 2 0 0 4 - 1 2 8 4 2 1

【 0 0 1 0 】

このレーザ照射装置は、2つのレーザビームを用いて、第二高調波に変換された連続発振のレーザと同時に基本波の連続発振のレーザを照射するものである。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 1 】

ここで、図 1 1 にビームスポット 1 1 0 1 の半導体膜における照射跡と、ビームスポット 1 1 0 1 の断面 A におけるエネルギー密度分布 1 1 0 2 を示す。

【 0 0 1 2 】

一般に、TEM₀₀（シングル横モード）の連続発振のレーザ発振器から射出されたレーザビームの断面は図 1 1 の 1 1 0 2 で示すガウス分布のエネルギー分布を有しており、均一なエネルギー密度分布を有しているのではない。

【 0 0 1 3 】

例えば、ビームスポット中央付近の領域 1 1 0 3 は、少なくとも1つの結晶粒（以下、大粒径の結晶粒と呼ぶ）に1つのTF Tができる程度の結晶粒径を得ることができるしきい値（ y ）より大きいエネルギー密度とする。このとき、ビームスポット端部付近の領域 1 1 0 4 は、結晶性領域が形成されるしきい値（ x ）よりはエネルギー密度が大きく、しきい値（ y ）よりはエネルギー密度が小さいため、レーザを半導体膜に照射すると、ビームスポット端部付近の領域 1 1 0 4 には部分的に溶融しきれない領域が残り、中心付近の領域に形成されるような大粒径の結晶粒ではなく、粒径の比較的小さい結晶粒（以下、微結晶と呼ぶ）のみが形成されることになる。

【 0 0 1 4 】

このようにして微結晶が形成された領域、すなわちビームスポット端部付近の領域 1 1 0 4 に半導体素子を形成しても高い特性は期待できない。また、これを避けるためには大粒径の結晶粒が形成された部分、すなわちビームスポット中央付近の領域 1 1 0 3 に半導体素子を形成する必要があるため、レイアウト上の制約を受けることは明らかである。従って、レーザビームが照射された領域全体に占める、微結晶が形成される領域の割合を減らすことが求められる。

【 0 0 1 5 】

ビームスポット端部付近の領域 1 1 0 4 には、その表面に半導体膜の膜厚と同程度の高さを持つ凹凸（リッジ）が形成される。このリッジが形成された半導体膜を利用してTF Tを形成する場合、活性層に接して形成されるゲート絶縁膜の膜厚を均一に形成するのが難しいため、ゲート絶縁膜の薄膜化が困難になる。従って、ここに形成されたTF Tの微細化が妨げられるなどの問題がある。

【 0 0 1 6 】

また、図 1 1 のエネルギー分布を持つレーザを単に線状または矩形状に加工しても、レーザビームの端部は中心部と比較するとエネルギー密度が小さい。したがって、レーザビームのエネルギー密度分布を均一化することが求められる。結晶粒の大きさが半導体膜の任意の部位において同じになるようにアニールすることが可能になれば、この半導体膜を用

いたTF Tの特性が良好かつ均一になる。

【0017】

本発明は、上記の問題を解決し、半導体膜全面に対して均一にレーザ処理を行うことができるレーザ照射装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0018】

上記目的を達成するため、本願発明は以下の構成を採用する。なお、ここでいうレーザアニール法とは、半導体基板または半導体膜にイオン注入などにより形成された損傷領域やアモルファス領域を結晶化させる技術や、基板上に形成された非晶質半導体膜にレーザ照射を行って半導体膜を結晶化させる技術、単結晶ではない結晶性半導体膜（上記した単結晶ではない半導体膜をまとめて非晶質半導体膜と呼ぶ）にニッケルなどの結晶化を促進する元素を導入した後にレーザ照射を行うことによって結晶化をさせる技術などを指している。

【0019】

また、半導体基板または半導体膜の平坦化や表面改質に適用される技術も含んでいる。ここでいう半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指し、液晶表示装置や発光装置などの電気光学装置、さらにはこれらの電気光学装置を部品として含む電子装置も含まれるものとする。

【0020】

本発明は以下の構成を有する。

【0021】

本発明で開示する発明の1つは、第1のレーザ発振器と、第2のレーザ発振器と、第1のレーザ発振器から出射された第1のレーザビームの両端部分を遮断するためのスリットと、集光レンズとを有し、第1のレーザビームが照射面に照射される範囲に第2のレーザ発振器より射出される第2のレーザビームを照射する手段を有し、第1のレーザビームおよび第2のレーザビームに対して照射面を相対的に第1の方向へ移動する手段と、第1のレーザビームおよび第2のレーザビームに対して照射面を相対的に第2の方向へ移動する手段とを有する。

【0022】

他の発明の構成は、第1のレーザ発振器と、第2のレーザ発振器と、回折光学素子と、第1のレーザ発振器から出射された第1のレーザビームの両端部分を遮断するためのスリットと、集光レンズとを有し、第1のレーザビームが照射面に照射される範囲に第2のレーザ発振器より射出される第2のレーザビームを照射する手段を有し、第1のレーザビームおよび第2のレーザビームに対して照射面を相対的に第1の方向へ移動する手段と、第1のレーザビームおよび第2のレーザビームに対して照射面を相対的に第2の方向へ移動する手段を有する。

【0023】

他の発明の構成は、第1のレーザ発振器より出射された第1のレーザビームはスリットを通し、さらに集光レンズを通した後に照射面に入射する。同時に、照射面において第2のレーザ発振器より出射された第2のレーザビームを第1のレーザビームに重ねて照射する。さらに、照射面に対して相対的に走査することによって、照射面を等しくアニールする。

【0024】

他の発明の構成は、第1のレーザ発振器より出射された第1のレーザビームは回折光学素子を通し、スリットを通し、さらに集光レンズを通した後に照射面に入射する。同時に、照射面において第2のレーザ発振器より出射された第2のレーザビームを第1のレーザビームに重ねて照射する。さらに、照射面に対して相対的に走査することによって、照射面を等しくアニールする。

【0025】

上記発明の構成において、集光レンズはシリンドリカルレンズまたは球面レンズを用いる

ことを特徴とする。

【0026】

上記発明の構成において、第1のレーザ発振器および第2のレーザ発振器から射出されるレーザは、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、GdVO₄レーザ、Y₂O₃レーザなどの連続発振の固体レーザ、GaNレーザ、GaAsレーザ、InAsレーザなどの半導体レーザのいずれかを用いることができる。なお、本発明のレーザ照射処理が行うことができる程度のエネルギーを持つレーザであれば、第1のレーザ発振器と第2のレーザ発振器の種類が別であってもよい。

【0027】

上記発明の構成において、第1のレーザビームはBBO (β -BaB₂O₄、ホウ酸バリウム)、LBO (Li₂B₄O₇、ホウ酸リチウム)、KTP (KTiOP₄、チタニルリン酸カリウム)、LiNbO₃ (ニオブ酸リチウム)、KDP (KH₂P₄O₄、リン酸二水素カリウム)、LiIO₃ (リチウムアイオデート)、ADP (NH₄H₂P₄O₄、リン酸二水素アンモニウム)、BIBO (BiB₃O₆、ビスマストリボレート)、CLBO (CsLiB₆O₁₀、セシウムリチウムボーレート)、KB5 (KB₅O₈·4H₂O、ポタジウムペンタボレート)などの非線形光学素子により、高調波に変換されていることを特徴とする。

【0028】

上記発明の構成において、第1の方向と第2の方向は、互いに直交していることを特徴としている。これによって、レーザスポットの幅を一定にしたままで、かつリッジを形成させずに、かつ無駄なくレーザを照射面全面に照射することができる。

【0029】

上記発明の構成において、第1のレーザ発振器より出射された第1のレーザビームは、照射面に対する入射方向は自由であることを特徴としている。

【0030】

上記発明の構成において、第2のレーザ発振器より出射された第2のレーザビームは、照射面に対して斜めに照射することを特徴とする。

【0031】

上記発明の構成において、第2のレーザビームのビームスポットは、第1のレーザビームのビームスポットの全てを照射面において覆うことを特徴とする。

【発明の効果】

【0032】

本発明を用いることにより、全面において結晶粒径が均一で、かつ表面に凹凸が形成されない半導体膜を形成することが可能なレーザ処理装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下に本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。但し、本発明は多くの異なる態様で実施することが可能であり、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは、当業者であれば容易に理解される。従って、本実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0034】

(実施の形態1)

本実施の形態を図1、3を用いて説明する。本発明は、連続発振のレーザビームの高調波を用いて半導体膜をレーザアニールする際、高調波の線状ビームの両端部分をスリットで遮断し、さらにこの高調波に連続発振のレーザビームの基本波を照射面において重ね合わせるように同時に照射するものである。

【0035】

レーザ発振器201、202は公知のもので連続発振のレーザ、すなわち、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、GdVO₄レーザ、Y₂O₃レーザなどの連続発振の固体レーザ、GaNレーザ、GaAsレーザ、InAsレーザなどの半導体レーザのいずれかが用いられる。また、レーザ発振器101は、BBO、LBO、KT

P、KDP、 LiNbO_3 、 LiIO_3 、CLBO、ATP、BIBO、KB5などの公知の非線形光学素子を用いて第二高調波に変換され、 TEM_{00} （シングル横モード）でレーザービームを発振する連続発振のレーザー発振器である。なお、レーザー発振器101と102は同じ種類であっても違う種類であっても構わない。

【0036】

レーザー発振器101から射出されたレーザービームは、スリット103を通る。スリット103は、線状または矩形状のビーム108の長軸方向に作用するように設置することで、線状または矩形状のビーム108の両端におけるエネルギーの弱い領域をできるだけ削除することができ、同時に線状または矩形状のビーム108の長軸方向の長さを調整することができる。つまり、レーザーの出射直後は図3（a）の形状のエネルギー密度分布を持つが、スリットを通すことにより、図3（b）の実線状のエネルギー密度分布を有するビームになる。

【0037】

次いで、ミラー104でレーザービームの方向を変える。なお、方向を変えた後のレーザービームの方向は、基板に対して垂直方向でも斜め方向でも構わない。

【0038】

その後、線状または矩形状のビーム105の長軸方向および短軸方向に作用するシリンドリカルレンズ106、107により、照射面にて線状または矩形状のビーム108が形成される。本発明の実施の形態において、2つのシリンドリカルレンズ106、107を集光レンズとして用いている。シリンドリカルレンズ106、107のうち、1つは線状または矩形状のビームの長軸方向にビームの整形を行い、残りの1つは線状または矩形状のビームの短軸方向にビームの整形を行う。シリンドリカルレンズ106、107を用いる利点は、ビームの長軸方向と短軸方向の集光をそれぞれ独立して行うことができる点である。なお、元のビームのビーム径、出力、ビームの形状をそのまま用いることができる場合は、シリンドリカルレンズを必ずしも2つ用いなくても良い。また、元のビームの長軸と短軸の長さの比を保ったまま集光を行う場合は、シリンドリカルレンズ106、107の代わりに球面レンズを用いてもよい。

【0039】

レーザー発振器102は、基本波を発振する連続発振のレーザー発振器であり、光ファイバー109によって伝送され、線状または矩形状のビーム108のビームスポットに重なるように照射面へ照射され、ビームスポット110が形成される。なお、ビームスポット110は、線状または矩形状のビーム108のビームスポットを含む大きさであればよい。基本波を照射する前は図3（c）の点線で示したエネルギー密度を持つが、基本波を照射することによって、図3（c）の実線で示すように大粒径の結晶性領域を形成するためには十分なエネルギーが与えられる。

【0040】

半導体膜が成膜された基板111はガラスを材料としており、レーザー照射の際に基板111が落ちないように、吸着ステージ112に固定されている。吸着ステージ112は、Xステージ113、Yステージ114を用いて半導体膜の表面に平行な面上をXY方向に走査を繰り返し、半導体膜を結晶化させる。

【0041】

通常、波長が1000nm程度の基本波は、固相の半導体膜にほとんど吸収されないが、液相の半導体膜に対する吸収係数は固相の1000倍であるため、吸収されやすい。従って、高調波と基本波を同時に照射する場合、高調波によって熔融された部分の半導体膜のみ基本波が良く吸収され、半導体膜に与えられるエネルギーが上昇する。

【0042】

また、微結晶領域は、線状または矩形状のビーム106の両端がエネルギー不足であるため、不完全な熔融が起きる。しかしながら、一部の半導体膜は熔融しているため、その部分にも基本波は吸収される。そのため、本発明を用いれば、線状または矩形状のビーム106の両端部分で不足しているエネルギーを補うことができ、高調波が照射されている部

分の半導体膜を完全に溶融することができる。

【0043】

結果として、高調波のみのレーザアニールでは微結晶領域が形成されるが、本発明を用いることで、中心部と同等の結晶に改善することができる。なお、溶融していない部分には基本波が吸収されないため、半導体膜が溶融されることはない。

【0044】

なお、本発明を用いることによって得られる半導体膜は、結晶粒径が半導体膜の全面において均一で、かつ表面にリッジが形成されない。そのため、隣接する結晶化領域の間にもTF Tを作製することが可能となる。これによって、レイアウトやサイズの制約が無く、半導体膜内で場所を選ばずにTF Tを作製することができる。

【0045】

また、本発明を用いると、半導体膜の全面において均一にアニールされる。従って、本発明の方法によって形成された半導体膜を用いて作製した全てのTF Tは、特性が良好かつ均一になる。

【0046】

さらには、本発明を用いることによって、連続発振のレーザを半導体膜に照射する際に、その照射位置を決める目印になるレーザマーカの作製が不要となる。さらには、半導体装置を作成する際のデザインルールを大幅に緩和することが可能になる。

【0047】

このようにして得られた半導体膜を利用して、例えばアクティブマトリクス型の液晶ディスプレイなどを公知の方法に従って作製することができる。

【実施例1】

【0048】

本実施例では、より均一に半導体膜を結晶化させるために、回折光学素子（ディフラクティブオブティクス、またはディフラクティブオブティクスエレメントともいう）を用いて、連続発振のレーザビームの高調波をエネルギー分布の均一な線状または矩形状のレーザビームにして、このレーザビームの両端部分をスリットで遮蔽した後に半導体膜に照射する。さらに、この線状または矩形状のビームに対して、連続発振のレーザビームの基本波を照射面において重ね合わせるように同時に照射するものである。

【0049】

本実施例で示すレーザ照射装置は、レーザ発振器201、202、回折光学素子203、スリット205、ミラー206、集光レンズ208、209、吸着ステージ213、Xステージ215、Yステージ216から構成される。

【0050】

図2にレーザ照射装置の一例を示す。まず、非晶質半導体膜を成膜した基板214を用意する。基板214は、吸着ステージ213上に固定されている。吸着ステージ213は、Xステージ215およびYステージ216を用いることによって、X軸およびY軸方向に自在に移動が可能である。なお、X軸方向およびY軸方向の移動は、モータステージ、ボールベアリングステージ、リニアモータステージなどの各種ステージを用いることができる。

【0051】

レーザ発振器201、202は公知のもので連続発振のレーザ、すなわち、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、GdVO₄レーザ、Y₂O₃レーザなどの連続発振の固体レーザ、GaNレーザ、GaAsレーザ、InAsレーザなどの半導体レーザのいずれかが用いられる。半導体レーザは自ら発光して励起するため、フラッシュランプを用いて励起させる固体レーザよりエネルギー効率が良い。これらのレーザのいずれかをレーザ発振器201、202に用いることにより、少なくとも1つの結晶粒の中に1つのTF Tが形成可能な粒径を持つ半導体膜を良好に形成することができる。

【0052】

また、レーザ発振器201は、BBO、LBO、KTP、KDP、LiNbO₃、LiI

O₃、CLBO、ATP、BIBO、KB5などの公知の非線形光学素子を用いて第二高調波に変換され、TEM₀₀（シングル横モード）でレーザービームを発振する連続発振のレーザー発振器である。なお、状況に応じて、レーザー発振器201から出射されるレーザーを、非線形光学素子を用いて第二高調波以外の高調波に変換しても構わない。さらに、第1のレーザー発振器201と第2のレーザー発振器202は同じ種類であっても別な種類であっても構わない。

【0053】

回折光学素子203はディフラクティブオプティクス、またはディフラクティブオプティクスエレメントとも呼ばれ、光の回折を利用してスペクトルを得る素子である。その表面に多数の溝を形成することにより集光レンズ機能を奏するものが用いられる。そして、この回折光学素子203を用いることにより、連続発振のレーザー発振器から出射されたレーザービームのガウス分布からなるエネルギー分布を、エネルギー分布が均一な線状または矩形状のビームに形成することができる。

【0054】

スリット205は、回折光学素子の結像位置に配置される平板状部材であり、前記回折光学素子により形成される線状または矩形状で、且つエネルギー分布が均一なビームが結像される位置に配置される。その概略を図3、図4に示す。

【0055】

レーザーの出射直後は図3（a）の形状のエネルギー密度分布を有するが、回折光学素子203を通すことによって、図3（d）の形状のエネルギー密度分布となる。つまり、ビームの中央付近においてはエネルギー分布が均一になる。しかしながら、ビームの端部はエネルギー不足であるため、不完全な溶融が起きることになる。そこで、この端部を図4で示すようなスリットによって遮蔽する。

【0056】

スリットは、その中央部に矩形状のスリット開口部401を有するとともに、スリット開口部401の長手方向の両端部には、高調波を出射するレーザー201の種類によって両端部を開放または遮蔽してエネルギー分布を調節することが可能な遮蔽板402が配設される。

【0057】

このように、レーザーの種類に合わせてスリット開口部401の両端で遮蔽板402を調節することにより、回折光学素子で形成した矩形状ビームのうち、特に長手方向の両端部のエネルギー分布が不均一な部分を必要に応じてカットすることができる。

【0058】

このような構成により、レーザー発振器201から射出されたレーザービームは回折光学素子203によって、線状または矩形状で、且つエネルギー分布が均一なビームに形成された後にスリット205の位置で結像する。その後、ビームはスリット205によってエネルギー密度分布が小さい部分を遮蔽された後にミラー206で反射され、線状または矩形状のビーム207となる。さらにシリンドリカルレンズ208、209によって集光され、非晶質半導体膜を成膜した基板214に対して垂直方向または斜め方向から、線状または矩形状のビーム210として入射される。

【0059】

同時に、レーザー発振器202から射出されたレーザービームは、光ファイバー211によって伝送され、照射面の線状または矩形状のビーム210のビームスポットに重ねるように照射され、ビームスポット212が形成される。なお、照射面において、ビームスポット212は、ビーム210によって形成されるビームスポットの全てを覆い、且つ照射面に対して斜め方向から照射される。基本波を照射する前は図3（f）の点線で示したエネルギー密度を持つが、基本波を照射することによって、図3（f）の実線で示すように、大粒径の結晶性領域を形成するためには十分であり、かつ均一なエネルギーが与えられる。

【0060】

半導体膜が成膜された基板214はガラスを材料としており、レーザー照射の際に基板21

4が落ちないように、吸着ステージ213に固定されている。吸着ステージ213は、Xステージ215、Yステージ216を用いて半導体膜の表面に平行な面上をXY方向に走査を繰り返し、基板214上の半導体膜を結晶化させる。

【0061】

本実施例では2つのシリンドリカルレンズ208、209を集光レンズとして用いており、この2枚のシリンドリカルレンズに対して垂直にレーザを入射させる。シリンドリカルレンズは一方方向に曲率を持っているため、1次元方向にのみ集光または拡散をさせることが可能である。したがって、2つのシリンドリカルレンズ208、209の曲率の方向をそれぞれX軸方向、Y軸方向にすることにより、照射面におけるビームスポットの大きさをXY方向で任意に変更することができるため、光学調整が容易であり、かつ調整の自由度が高い。なお、レーザ発振器201より出射されたレーザビームのビーム径、出力、形状をそのまま使うことができる場合は、シリンドリカルレンズは必要最低限の数だけ用いればよい。また、元のビームの長軸と短軸の長さの比を保ったまま集光を行う場合は、シリンドリカルレンズ208、209の代わりに球面レンズを用いてもよい。

【0062】

基板214に入射される線状または矩形状のビーム210は、10Wのレーザを用いた場合では、短手方向の長さが約1～10 μ mのものが用いられる。なお、短手方向の長さは光学設計の制限上、下限は約1 μ mである。

【0063】

長手方向の長さは、レーザ発振器201の出力および短手方向の長さより、エネルギー密度が足りるように決めればよい。例えば、出力が10Wのレーザを用いた場合では、300 μ m程度になる。また、ビーム210によって形成されるビームスポットの形状を線状または矩形状にするのは、このビームスポットの形状が楕円形状をしていると、基板を走査するときに基板上に荒れが生じるためである。

【0064】

上記のようにすることによって、基板214上の半導体膜を均一に結晶化することができる。なお、本願発明は上記の構成に限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜設計変更が可能である。

【0065】

なお、本発明を用いることによって得られる半導体膜は、結晶粒径が半導体膜の全面において均一で、かつ表面にリッジが形成されない。そのため、隣接する結晶化領域の間にもTF Tを作製することが可能となる。これによって、レイアウトやサイズの制約が無く、半導体膜内で場所を選ばずにTF Tを作製することができる。

【0066】

また、本発明を用いると、半導体膜の全面において均一にアニールされる。従って、本発明の方法によって形成された半導体膜を用いて作製した全てのTF Tは、特性が良好かつ均一になる。

【0067】

さらには、本発明を用いることによって、連続発振のレーザを半導体膜に照射する際に、その照射位置を決める目印になるレーザマーカの作製が不要となる。さらには、半導体装置を作成する際のデザインルールを大幅に緩和することが可能になる。

【実施例2】

【0068】

本実施例では、2つの連続発振の高調波のレーザから発振されたレーザ光を分割し、エネルギー分布が互いに異なるレーザ光を重ね合わせることによってエネルギー分布が均一なビームを形成する。さらに、スリットを用いてこのビームの端部を遮蔽することによってエネルギー分布をより均一化した後に、半導体膜に照射する。同時に、連続発振の基本波のレーザを照射面において重ね合わせるように照射するものである。この概要を図5、図6を用いて説明する。

【0069】

501、502はレーザであり、このレーザは公知のもので連続発振のレーザ、すなわち、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、GdVO₄レーザ、Y₂O₃レーザなどの連続発振の固体レーザ、GaNレーザ、GaAsレーザ、InAsレーザなどの半導体レーザのいずれかが用いられる。半導体レーザは自ら発光して励起するため、フラッシュランプを用いて励起させる固体レーザよりエネルギー効率が良い。また、レーザ501、502から発振されるレーザ光は、BBO、LBO、KTP、KDP、LiNbO₃、LiIO₃、CLBO、ATP、BIBO、KB5などの公知の非線形光学素子により高調波に変換する。なお、本実施例では、レーザ501、502は連続発振のYAGレーザを用い、非線形光学素子により第2高調波に変換して用いているが、必要に応じて第2高調波以外の高調波に変換しても構わない。

【0070】

503、504は光アイソレーターである。被照射体に対する反射率が高いレーザ光を用い、このレーザ光が被照射体に垂直に入射すると、被照射体に入射したときと同じ光路を戻り、いわゆる戻り光が発生する。戻り光はレーザの出力や周波数の変動や、ロッドの破壊などの悪影響を及ぼす要因となる。そのため、戻り光を出射光と分離する素子が必要となるが、この素子は光非相反素子と呼ばれており、光アイソレータは代表的なものである。ここで用いる光アイソレータは、一方向のみに光を透過させ、この方向と反対の方向に伝搬しようとする光を阻止する働きを有する素子である。本実施形態における光学系は対称的な配置となっているため、照射面でのそれぞれの反射光が互いのレーザに対して、戻り光と同様な悪影響を及ぼす可能性がある。そのため、アイソレーター503、504を設置することが望ましい。

【0071】

そして、射出されたそれぞれのレーザ光は、ビームエキスパンダー505、506またはビームエキスパンダー507、508により拡大される。なお、ビームエキスパンダー505、506、507、508はレーザから射出されたレーザ光の断面形状が小さい場合に特に有効なものであり、レーザ光の大きさ等によっては用いなくてもよい。もちろん、レーザ光を一方向のみではなく、二方向と拡大してもよい。また、ビームエキスパンダー505、506、507、508として合成石英ガラス製のシリンドリカルレンズを用いると、高い透過率が得られるので望ましい。

【0072】

また、ビームエキスパンダー505、506、507、508の表面に施されているコーティングは、使用するレーザ光の波長に対する透過率が99%以上得られるものを使用するのが望ましい。さらに、用いるレーザの波長により合成石英ガラスの表面に施されているコーティングを適切なものに変えれば、さまざまなレーザに適用できる。

【0073】

ビームエキスパンダー505、506、または507、508から射出されたレーザ光は、ミラー509、510により2方向に分割される。その様子を図6を用いて説明する。

【0074】

図6(A)および図6(B)はレーザ光の進行方向に対して垂直な断面でのレーザ光の形状を示している。レーザ501から発振したレーザ光は図6(A)で示すように、ミラー509により第1のレーザ光と第2のレーザ光に分割され、第1のレーザ光はダンパー513に吸収され、第2のレーザ光はミラー511に入射した後にスリット515へ入射する。同様に、レーザ502から発振したレーザ光は図6(B)で示すように、ミラー510により第3のレーザ光と第4のレーザ光に分割され、第3のレーザ光はミラー512に入射した後にスリット515へ入射し、第4のレーザ光はダンパー514に吸収される。

【0075】

スリット515へ入射する2つのレーザ光は、異なるレーザから発振されたものであるため合成されても干渉は起こらない。また、レーザ501から発振されたレーザ光のうち第2のレーザ光がスリット515へ入射し、レーザ502から発振されたレーザ光のうち

第3のレーザ光がスリット515へ入射している。スリット515またはその近傍において異なるエネルギー分布を有するレーザ光が合成されるので、エネルギー分布の均一性の優れた矩形状のレーザ光が形成される。(図6(C))

【0076】

また、本実施形態では、2つのレーザを用い、レーザ光の分割数を2としているが、これに限らない。なお、レーザは10台程度用いるのが好ましいが、用いるレーザの台数が少ないときは、偶数台用いて、レーザ光を偶数に分割するのが望ましい。また、用いるレーザは同一のものでなくても良い。

【0077】

また、本実施形態では、図6で示したように、レーザ光の進行方向における垂直な面において等幅で分割しているが、本発明はこれに限らない。

【0078】

また、本実施形態では、エネルギー分布が互いに異なるレーザ光を照射面またはその近傍において合成しているが、レーザ光のモードによって最適な合成方法は異なるので、実施者が適宜合成方法を決定すれば良い。例えば、TEM₀₀モードのレーザ光では対称性が高いため、2分割したレーザ光の左半分と右半分とを合成すると比較的均一性の高いレーザ光を得ることができる。もちろん、分割数を増やした方がより均一性の高いレーザ光を得ることができる。その他のモードでも同様の方法で均一性の高いレーザ光を得ることができる。

【0079】

スリット515を通過したレーザビーム516は、ミラー517で反射した後、レーザビーム516の長軸及び短軸方向に作用する2つのシリンドリカルレンズ518、519により集光され、半導体膜を成膜した基板520に照射される。本実施例において、2つのシリンドリカルレンズ518、519は集光レンズとして用いられている。なお、元のビームの長軸と短軸の長さの比を保ったまま集光を行う場合は、シリンドリカルレンズ518、519の代わりに球面レンズを用いてもよい。

【0080】

さらに、このレーザビームによって形成されたビームスポット521を覆うように、連続発振の基本波のレーザビームを照射面において重ね合わせるように同時に照射する。レーザ発振器522は、基本波を発振する連続発振のレーザ発振器であり、光ファイバー523によって伝送され、ビームスポット521に重なるように照射面へ照射され、ビームスポット524が形成される。なお、ビームスポット524は、ビームスポット521を完全に覆う大きさであればよい。

【0081】

半導体膜が成膜された基板520はガラスを材料としており、レーザ照射の際に基板520が落ちないように、吸着ステージ525に固定されている。吸着ステージ525は、Xステージ526、Yステージ527を用いて半導体膜の表面に平行な面上をXY方向に走査を繰り返し、半導体膜を結晶化させる。

【0082】

このようなレーザ照射装置を用いて半導体膜のアニールを行えば、非晶質半導体膜を結晶化させたり、結晶性を向上させて結晶性半導体膜を得たり、不純物元素の活性化を行うことができる。

【0083】

なお、本発明を用いることによって得られる半導体膜は、結晶粒径が半導体膜の全面において均一で、かつ表面にリッジが形成されない。そのため、隣接する結晶化領域の間にもTF Tを作製したり、レイアウトやサイズの制約が無く、半導体膜内で場所を選ばずにTF Tを作製することができる。

【0084】

また、本発明を用いると、半導体膜の全面において均一にアニールされるため、この方法によってアニールされた半導体膜を用いて作製した全てのTF Tは、特性が良好かつ均一

になる。

【0085】

さらには、本発明を用いることによって、連続発振のレーザを半導体膜に照射する際に、その照射位置を決める目印になるレーザマーカの作製が不要となる。さらには、半導体装置を作成する際のデザインルールを大幅に緩和することが可能になる。

【実施例3】

【0086】

本実施例では、本発明によるレーザアニール装置を用いて、薄膜トランジスタ（TFT）を作成する工程を示す。なお、本実施例ではトップゲート型（順スタガ型）TFTの作製方法を記載しているが、トップゲート型TFTに限らず、ボトムゲート型（逆スタガ型）TFTなどでも同様に本発明を用いることができる。

【0087】

図7（A）に示すように、絶縁表面を有する基板700上に下地膜701を形成する。本実施例では、基板700としてガラス基板を用いる。なお、ここで用いる基板には、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラスなどのガラス基板、石英基板、セラミックス基板、ステンレス基板などを用いることができる。また、プラスチック、アクリルなどに代表される可撓性を有する材料からなる基板は、一般的に他の基板と比較して耐熱温度が低い傾向にあるが、本工程の処理に耐え得るのであれば用いることができる。

【0088】

下地膜701は、基板700に含まれるナトリウムなどのアルカリ金属やアルカリ土類金属が半導体中に拡散し、半導体素子の特性に悪影響を及ぼすのを防ぐために設ける。このため、アルカリ金属やアルカリ土類金属の半導体中への拡散を抑えることのできる酸化珪素や窒化珪素、窒化酸化珪素などの絶縁膜を用いて形成する。また、下地膜701は単層または積層構造のいずれでもよい。本実施例では、プラズマCVD法（Chemical Vapor Deposition：化学気相成長法）を用いて窒化酸化珪素膜を10～400nmの膜厚になるように成膜した。

【0089】

なお、基板700として、ガラス基板またはプラスチック基板のようにアルカリ金属やアルカリ土類金属が多少なりとも含まれている基板を用いている場合には、不純物の拡散を防ぐために下地膜を設けることは有効であるが、石英基板など不純物の拡散がさほど問題にならない基板を用いる場合には必ずしも下地膜701を設ける必要はない。

【0090】

次いで、下地膜701上に非晶質半導体膜702を形成する。非晶質半導体層702は、公知の方法（スパッタリング法、LPCVD法、プラズマCVD法など）により、25～100nm（好ましくは30～60nm）の厚さで形成する。ここで用いる非晶質半導体膜は、珪素やシリコンゲルマニウムなどを用いることができるが、ここでは珪素を用いる。シリコンゲルマニウムを用いる場合、ゲルマニウムの濃度は0.01～4.5atomi c %程度であることが好ましい。

【0091】

続いて図7（B）に示すように、本発明のレーザアニール装置を用いて非晶質半導体膜702にレーザ703、705を照射して結晶化を行う。本実施例では、レーザ703として10W、第2高調波、TEM₀₀モード（シングル横モード）発振のNd：YVO₄レーザを用い、球面レンズ704を通して照射を行うとともに、レーザ705として100W、基本波、TEM₀₀モード発振のNd：YVO₄レーザを重ねて照射する。なお、レーザ703のビームスポットを完全に覆うようにレーザ705を照射する。

【0092】

ここで挙げたレーザに限らず、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、GdVO₄レーザ、Y₂O₃レーザなどの連続発振の固体レーザ、GaNレーザ、GaAsレーザ、InAsレーザなどの半導体レーザのいずれかを用いることができる。また、レーザ703は、BBO、LBO、KTP、KDP、LiNbO₃、LiIO₃、C

LB O、ATP、BIBO、KB5などの公知の非線形光学素子により高調波に変換されている。なお、本実施例では、レーザ703は非線形光学素子により第2高調波に変換されているが、第2高調波以外の高調波であっても構わない。また、半導体レーザは自ら発光して励起するため、エネルギー的に効率がよい。

【0093】

この方法を用いることによって、走査方向に向かって連続的に成長した結晶粒が形成されるだけでなく、隣接したレーザ照射領域の境界において、微結晶領域やリッジの形成を防ぐことが可能になる。さらに、確実に微結晶領域やリッジの形成を防ぐ場合、隣接した高調波の照射領域を若干重ねることが有効である。

【0094】

このように、半導体膜を均一にアニールすることにより、この半導体膜によって作製される電子機器の特性を良好かつ均一にすることができる。

【0095】

また、スリットを用いると、レーザ光の光の強度が弱い部分を遮断することができるため、一定以上の強度を持つ線状または矩形状のレーザ光を照射することができる。

【0096】

その後、図7(C)に示すように、レーザ光の照射によって形成された結晶性半導体膜706をパターニングし、島状の半導体膜707を形成する。さらに、この島状の半導体膜707を覆うようにゲート絶縁膜708を形成する。ゲート絶縁膜708には、酸化珪素、窒化珪素または窒化酸化珪素などを用いることができる。その際の成膜方法はプラズマCVD法、スパッタ法を用いることができる。ここではプラズマCVD法で窒化酸化珪素膜を115nmの厚さに成膜した。

【0097】

次に、ゲート絶縁膜708上に導電膜を形成し、パターニングすることでゲート電極709を形成する。その後、ゲート電極709、またはレジストを形成してパターニングしたものをマスクとして用い、島状の半導体膜707にn型またはp型の導電性を付与する不純物を選択的に添加し、ソース領域710、ドレイン領域711、LDD領域712などを形成する。上記の工程によって、Nチャネル型TF T713および714と、Pチャネル型TF T715を同一基板上に形成することができる。

【0098】

続いて、図7(D)に示すように、それらの保護膜として、絶縁膜716を形成する。この絶縁膜716は、プラズマCVD法またはスパッタ法を用い、窒化珪素膜または窒化酸化珪素膜を単層または積層構造で100~200nmの厚さに形成する。本実施例では、プラズマCVD法により膜厚100nmの酸化窒化珪素膜を形成した。絶縁膜716を設けることにより、酸素や空気中の水分をはじめ、各種イオン性の不純物の侵入を阻止するブロッキング作用を得ることができる。

【0099】

次いで、さらに絶縁膜717を形成する。ここでは、SOG(Spin On Glass)法またはスピコート法によって塗布されたポリイミド、ポリアミド、BCB(ベンゾシクロブテン)、アクリル、シロキサン(珪素と酸素との結合で骨格構造が構成され、置換基に少なくとも水素を含む材料、フッ素、アルキル基、または芳香族炭化水素のうち少なくとも一種を有する物質が含まれている物質)などの有機樹脂膜、TOF膜、無機層間絶縁膜(窒化珪素、酸化珪素などの珪素を含む絶縁膜)、low-k(低誘電率)材料などを用いることができる。絶縁膜717は、ガラス基板上に形成されたTF Tによるリッジを緩和し、平坦化する意味合いが強いため、平坦性に優れた膜が好ましい。

【0100】

さらに、フォトリソグラフィ法を用いて絶縁膜および有機絶縁膜をパターン加工して、不純物領域に達するコンタクトホールを形成する。

【0101】

次に、導電性材料を用いて導電膜を形成し、この導電膜をパターン加工することによ

て配線 7 1 8 を形成する。その後、保護膜として絶縁膜 7 1 9 を形成すると、図 7 (D) に示すような半導体装置が完成する。なお、本発明のレーザアニール方法を用いた半導体装置の作製方法は、上述した T F T の作製工程に限定されない。

【0102】

また、レーザ光による結晶化の前に、触媒元素を用いた結晶化工程を設けてもよい。その触媒元素としては、ニッケル (N i) を用いているが、その他にゲルマニウム (G e) 、鉄 (F e) 、パラジウム (P d) 、スズ (S n) 、鉛 (P b) 、コバルト (C o) 、白金 (P t) 、銅 (C u) 、金 (A u) といった元素を用いることができる。触媒元素を用いた結晶化工程の後にレーザ光による結晶化工程を行うと、触媒元素による結晶化の際に形成された結晶がレーザ光の照射により溶融されずに残存し、この結晶を結晶核として結晶化が進む。

【0103】

このため、レーザ光による結晶化工程のみに比べて、より半導体膜の結晶性を高めることができ、レーザ光による結晶化後の半導体膜表面の荒れが抑えられることができる。よって、後に形成される半導体素子、代表的には T F T の特性のばらつきがより抑えられ、オフ電流を抑えることができる。

【0104】

なお、触媒元素を添加し、加熱処理を行って結晶化を促進した後にレーザ光の照射を行ってもよいし、加熱処理の工程を省略してもよい。また、加熱処理を行った後、その温度を保ちつつレーザ処理を行ってもよい。

【0105】

本実施例では、半導体膜の結晶化に本発明のレーザ照射方法を用いた例を示したが、半導体膜にドーピングした不純物元素の活性化を行うために用いてもよい。また、本発明を用いた半導体装置の作製方法は、集積回路や半導体表示装置の作製方法にも用いることができる。

【0106】

なお、本発明を用いることによって得られる半導体膜は、結晶粒径が半導体膜の全面において均一で、かつ表面にリッジが形成されない。そのため、隣接する結晶化領域の間にも T F T を作製することが可能となる。これによって、レイアウトやサイズの制約が無く、半導体膜内で場所を選ばずに T F T を作製することができる。

【0107】

また、本発明を用いると、半導体膜の全面において均一にアニールされる。従って、本発明の方法によって形成された半導体膜を用いて作製した全ての T F T は、特性が良好かつ均一になる。

【0108】

さらには、本発明を用いることによって、連続発振のレーザを半導体膜に照射する際に、その照射位置を決める目印になるレーザマーカの作製が不要となる。さらには、半導体装置を作成する際のデザインルールを大幅に緩和することが可能になる。

【実施例 4】

【0109】

本実施例では、本発明を利用して作成された T F T のレイアウトの例について図 8、図 9 を用いて以下に説明する。

【0110】

図 8 において、8 0 1 は半導体膜、8 0 2、8 0 4、8 0 5、8 0 6 は高調波によるビームスポット、8 0 3 は基本波によるビームスポット、8 0 7 はレーザピッチ、8 0 8 は隣接するレーザが重なった領域である。

【0111】

通常は、隣り合う結晶化領域の境界には微結晶領域が形成され、リッジも形成されるため、隣り合う結晶化領域をまたぐように T F T を作製しない。ところが、設計上いろいろな位置に T F T を配置しなければならない場合が生ずる。すなわち、限られた面積の中で集

積度を上げようとするときは、隣り合う結晶化領域をまたいでT F Tが位置する必要がでてくる。ところが、このようにT F Tを形成すると、T F Tが有する半導体膜の結晶化状態がそれぞればらつく。電子機器の特性は、電子回路に含まれるT F Tの電子移動度が一番低い部分に従うことになるため、この部分がボトルネックとなる。

【0112】

ところが、本発明を用いることによって、高調波によるビームスポットの部分は結晶化が良好に行われる。そのため、隣接する結晶化領域の境界には微結晶領域やリッジが形成されなくなり、レイアウトを自由に設計することが可能になる。図8（a）では高調波によるビームスポット802と高調波によるビームスポット804の境界に相当する部分である。

【0113】

また、図8（b）に示すように、隣接する高調波によるビームスポットの領域を重ね合わせるにより、微結晶領域やリッジを形成させなくすることも可能である。

【0114】

図9には、図8で説明したようにレーザ照射を行った後のT F Tのレイアウトの一例として、発光素子の画素に用いるT F Tのレイアウトを示す。900は半導体膜、901はソース信号線、902はゲート信号線、903は電流供給線、904はスイッチング用T F T、905は駆動用T F T、906は容量、907は発光素子である。また、図9（C）の（1）、（2）が重なっている部分は図8（b）のレーザが重なった領域808に相当する。

【0115】

本発明のレーザ照射装置によってレーザ照射を行うと、結晶粒径が半導体膜の全面において均一で、かつ表面にリッジが形成されないため、図9（C）の（1）、（2）のように隣接する結晶化領域の間にもT F Tを作製することが可能となる。

【0116】

このように、隣接する結晶化領域の境界に関係なく、無駄なく自由にT F Tを作成することが可能になる。そして、連続発振のレーザを半導体膜に照射する際に、その照射位置を決める目印になるレーザマーカの作製が不要となる。その結果、コストの低減を図ることができ、かつT F Tのデザインの自由度が向上する。さらには、リッジが形成されないため、品質が高く、かつ性能のばらつきがないようにT F Tを製作することができる。

【実施例5】

【0117】

本発明を用いてレーザ照射を行った半導体材料を用いて様々な電子機器を完成させることができる。本発明を用いることにより、基板全面を均一にアニールすることが可能となるため、半導体素子のレイアウトや大きさの自由度を高くすることや、集積度を向上することが可能となる。また、基板のどの部分においても結晶化度は同じであるため、製作した半導体素子の製品品質は良好な状態であり、且つばらつきをなくすることが可能になる。その具体例を図を用いて説明する。

【0118】

図10（A）は表示装置であり、筐体1001、支持台1002、表示部1003、スピーカー部1004、ビデオ入力端子1005などを含む。この表示装置は、他の実施例で示した作製方法により形成した薄膜トランジスタをその表示部1003に用いることにより作成される。なお、表示装置には液晶表示装置、発光装置などがあり、具体的にはコンピュータ用、テレビ受信用、広告表示用などの全ての情報表示用表示装置が含まれる。

【0119】

図10（B）はコンピュータであり、筐体1011、表示部1012、キーボード1013、外部接続ポート1014、ポインティングマウス1015などを含む。他の実施例で示した作製方法を用いることにより、表示部1012やその他の回路への適用が可能である。さらに、本発明は本体内部のC P U、メモリなどの半導体装置にも適用が可能である。

【0120】

また、図10(C)は携帯電話であり、携帯端末の1つの代表例である。この携帯電話は筐体1021、表示部1022、操作キー1023などを含む。上記の携帯電話を初めとして、PDA(Personal Digital Assistants、情報携帯端末)、デジタルカメラ、小型ゲーム機などの電子機器は携帯端末であるため、表示画面が小さい。従って、本発明の他の実施例で示した微細なトランジスタを用いてCPU、メモリなどの機能回路を形成することによって、小型・軽量化を図ることができる。

【0121】

本実施例で作成したトランジスタを薄膜集積回路、または非接触型薄膜集積回路装置(無線ICタグ、RFID(無線認証、Radio Frequency Identification)とも呼ばれる)として用いることもできる。他の実施例で示した作製方法を用いることにより、薄膜集積回路および非接触型薄膜集積回路は、タグとしての利用やメモリとしての利用が可能である。

【0122】

図10(D)は、パスポート1041にICタグ1042を付けている状態を示している。また、パスポート1041にICタグを埋め込んでもよい。同様にして、運転免許証、クレジットカード、紙幣、硬貨、証券、商品券、チケット、トラベラーズチェック(T/C)、健康保険証、住民票、戸籍謄本などにICタグを付けたり埋め込むことができる。このようにタグとして利用することによって、偽造されたものと区別することが可能になる。

【0123】

また、無線機能を設けたICタグは以下のように用いることができる。会計の際に無線ICタグに会計を済ませたことを記入し、出口にチェック手段を設け、会計済みであることを無線ICタグに書き込まれているかをチェックする。会計を済ませていないで店を出ようとすると、警報が鳴る。この方法によって、会計のし忘れや万引きを予防することができる。

【0124】

このほかに、ICタグをメモリとして用いることも可能である。図10(E)はICタグ1051を野菜の野菜の包装に貼り付けるラベルに用いた場合の例を示している。また、包装そのものにICタグを貼り付けたり埋め込んだりしても構わない。ICタグ1051には、生産地、生産者、製造年月日、加工方法などの生産段階のプロセスや、商品の流通プロセス、価格、数量、用途、形状、重量、賞味期限、各種認証情報などを記録することが可能になる。ICタグ1051からの情報は、無線式のリーダ1052のアンテナ部1053で受信して読み取り、リーダの表示部1054に表示することによって、卸売業者、小売業者、消費者が把握することが容易になる。また、生産者、取引業者、消費者のそれぞれに対してアクセス権を設定することが可能であり、アクセス権を有しない場合は読み込み、書き込み、書き換え、消去ができない仕組みになっている。

【0125】

以上に挙げたICタグは、従来用いているバーコードより製造コストが高いため、コスト低減を図る必要がある。本発明を用いることによって、隣り合う結晶化領域の境界においても無駄なく半導体素子を形成することができるため、コストの低減に有効である。また、リッジがないため、どのICタグも品質が高く、かつ性能のばらつきがないように製作することができる。

【0126】

以上のように、本発明により作製された半導体装置の適用範囲は極めて広く、本発明により作製された半導体装置をあらゆる分野の電子機器に用いることができる。

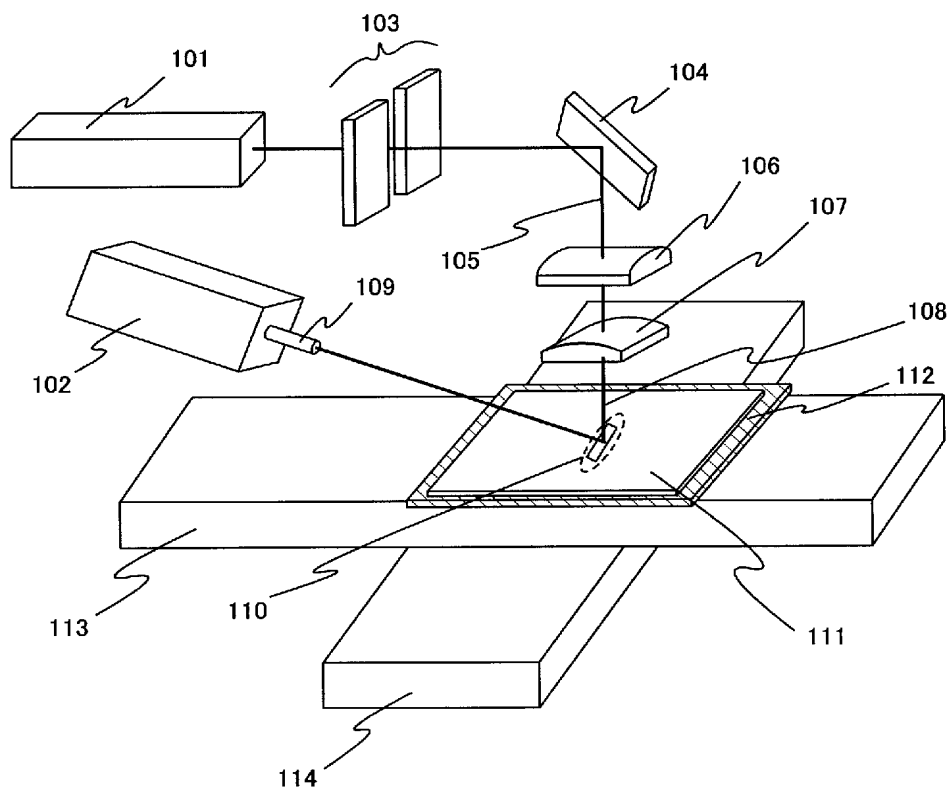
【図面の簡単な説明】

【0127】

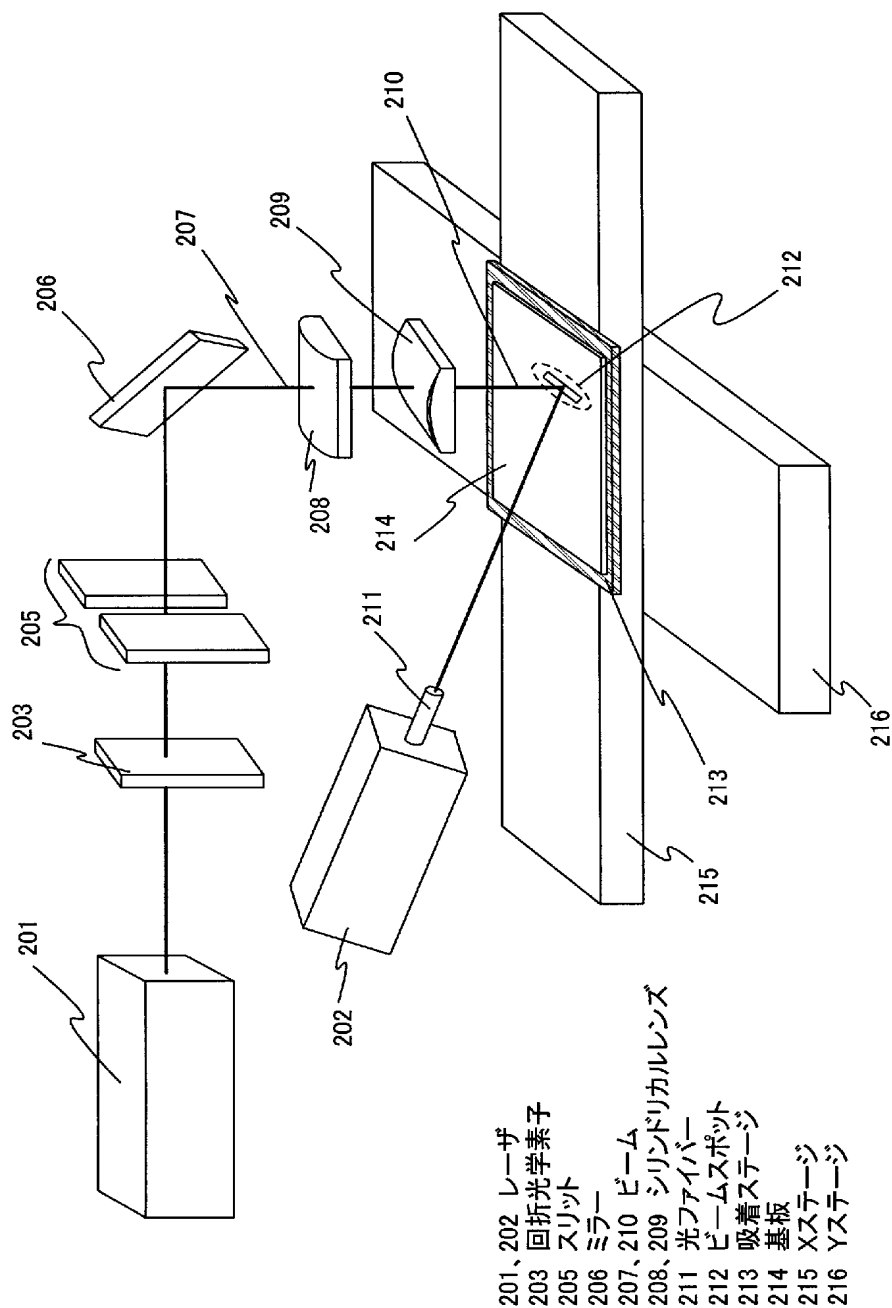
【図1】図1は本願発明のレーザ照射装置の概要を示す図である。

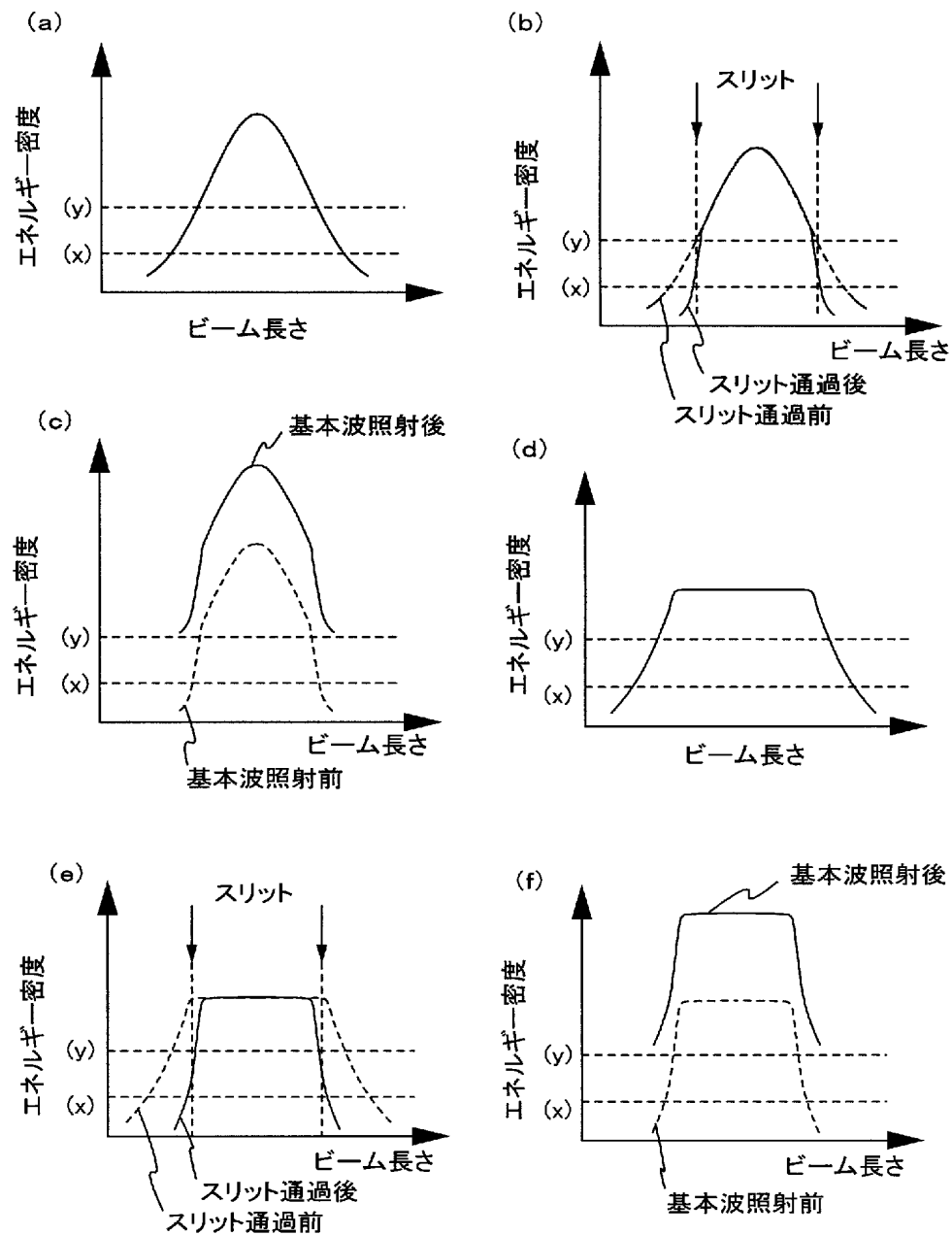
【図2】図2は本願発明のレーザ照射装置の概要を示す図である。

- 【図 3】 図 3 は本願発明を用いたときのレーザのエネルギー密度を説明する図である。
- 【図 4】 図 4 は本願発明で用いるスリットの概要を示す図である。
- 【図 5】 図 5 は本願発明のレーザ照射装置の概要を示す図である。
- 【図 6】 図 6 は本願発明のレーザ照射の概要を示す図である。
- 【図 7】 図 7 は本願発明を用いた T F T 作成過程の概要を示す図である。
- 【図 8】 図 8 は本願発明によるレーザ照射の概要を示す図である。
- 【図 9】 図 9 は本願発明を用いた画素作成の概要を示す図である。
- 【図 1 0】 図 1 0 は、本願発明を用いた電子機器の例を示す図である。
- 【図 1 1】 図 1 1 は、レーザのエネルギー密度を示す図である。



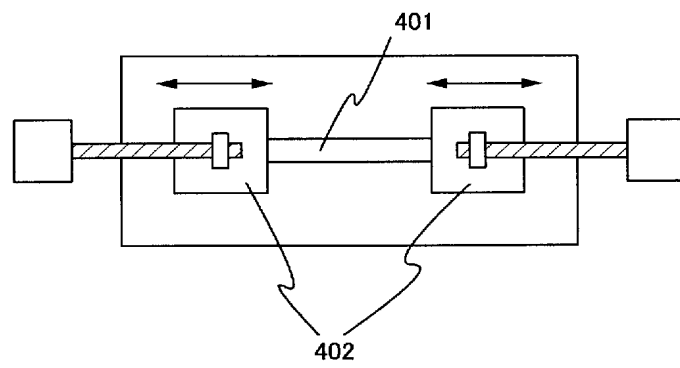
- | | |
|----------------------|-------------|
| 101、102 レーザ発振器 | 110 ビームスポット |
| 103 スリット | 111 基板 |
| 104 ミラー | 112 吸着ステージ |
| 105、108 線状または矩形状のビーム | 113 Xステージ |
| 106、107 シリンドリカルレンズ | 114 Yステージ |
| 109 光ファイバー | |



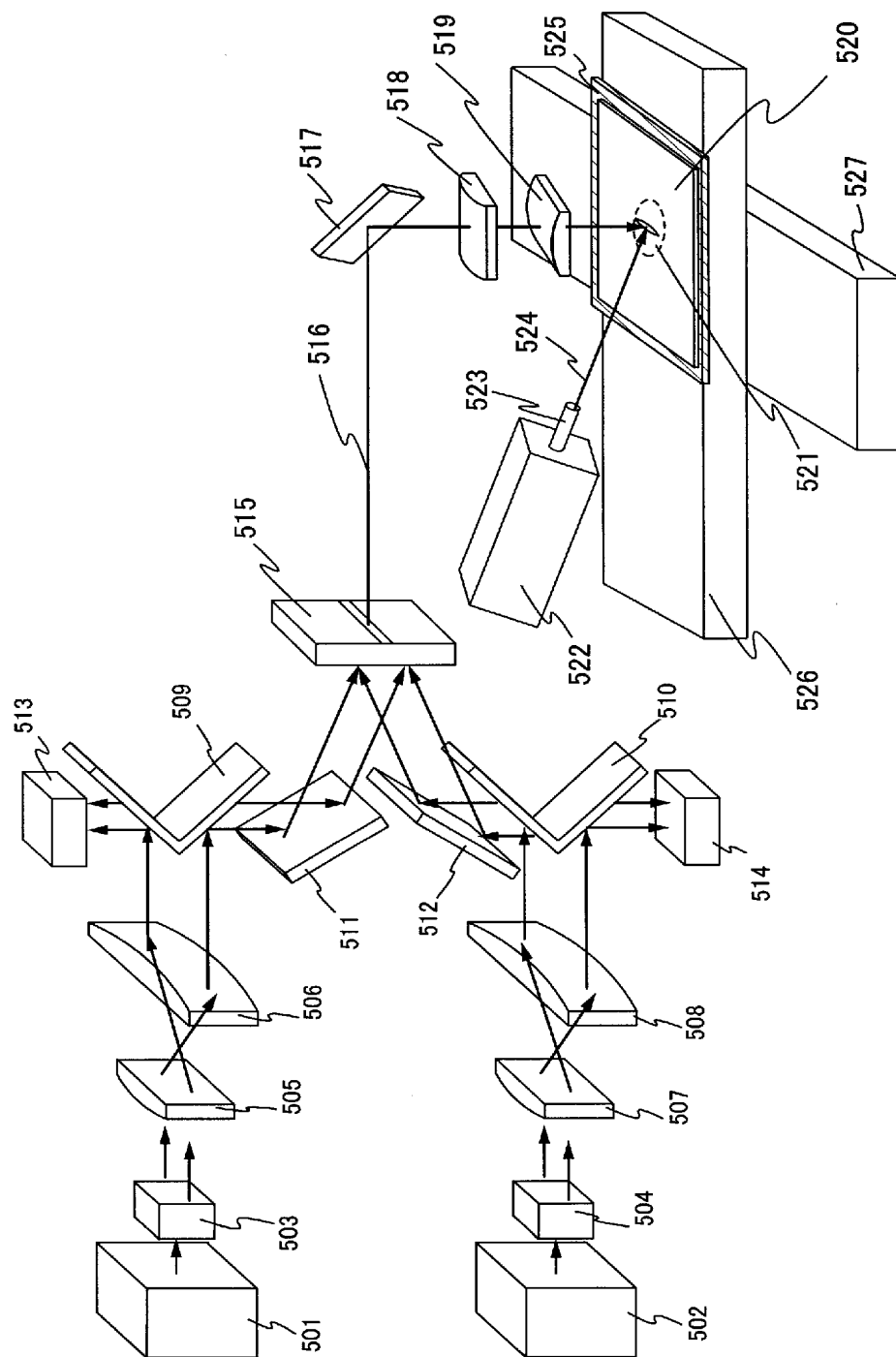


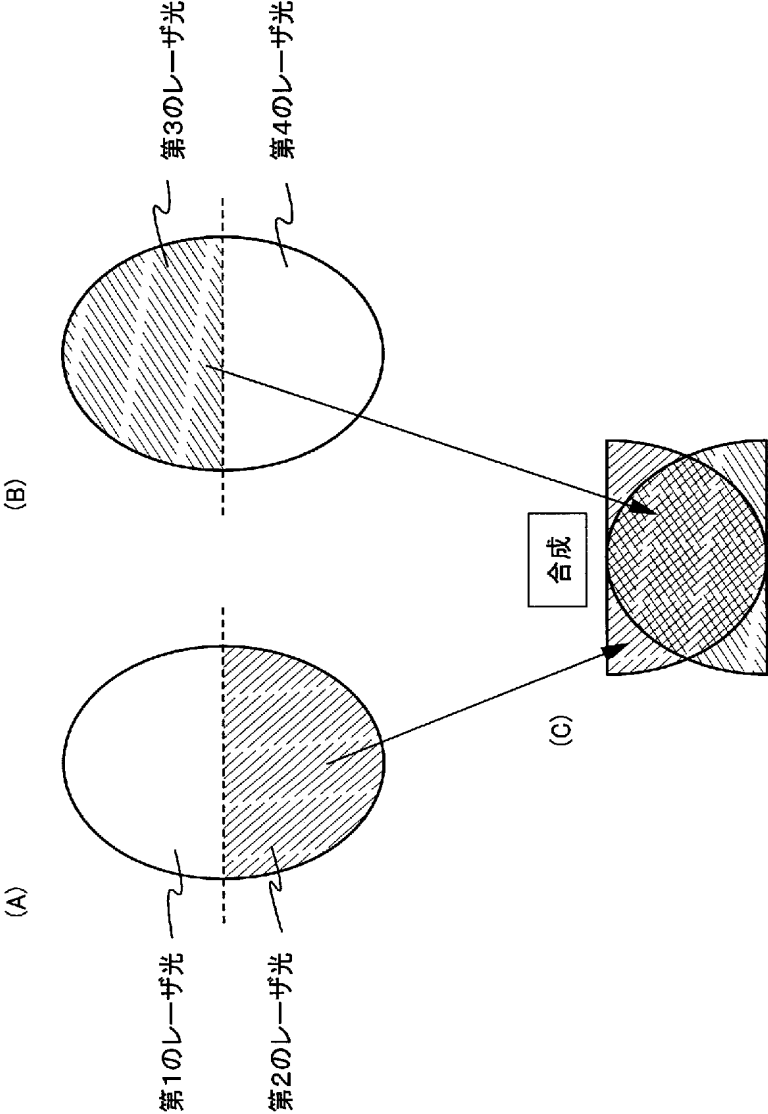
(x) 結晶性領域が形成されるしきい値
 (y) 大粒径の結晶性領域が形成されるしきい値

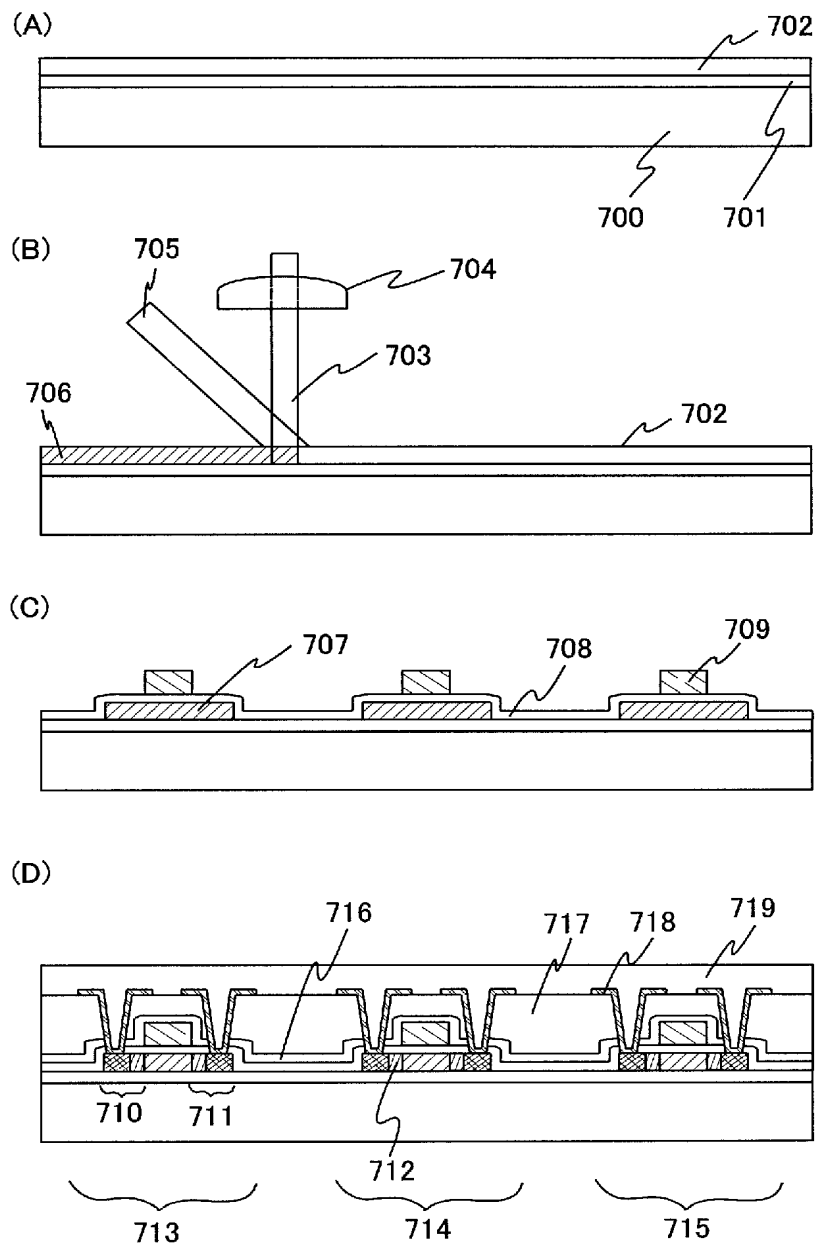
【図 4】

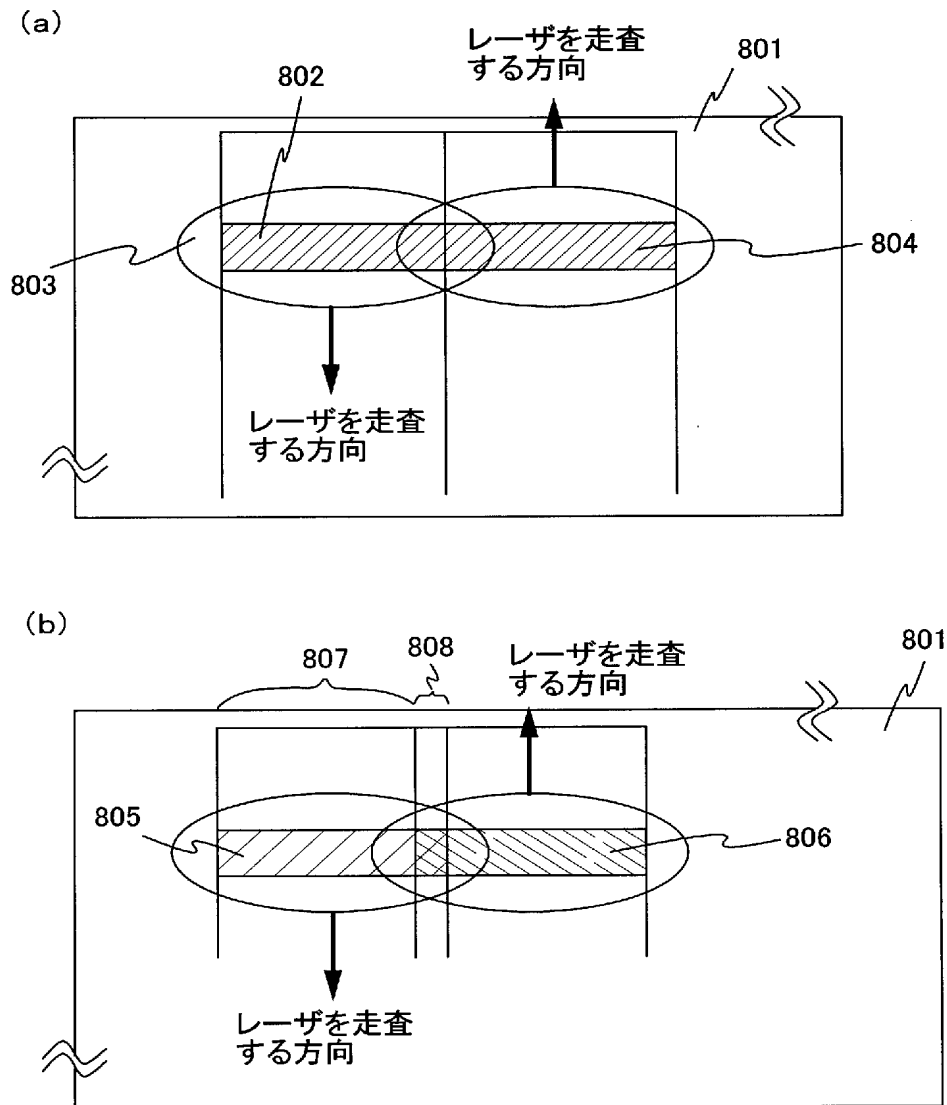


401 開口部
402 遮蔽板

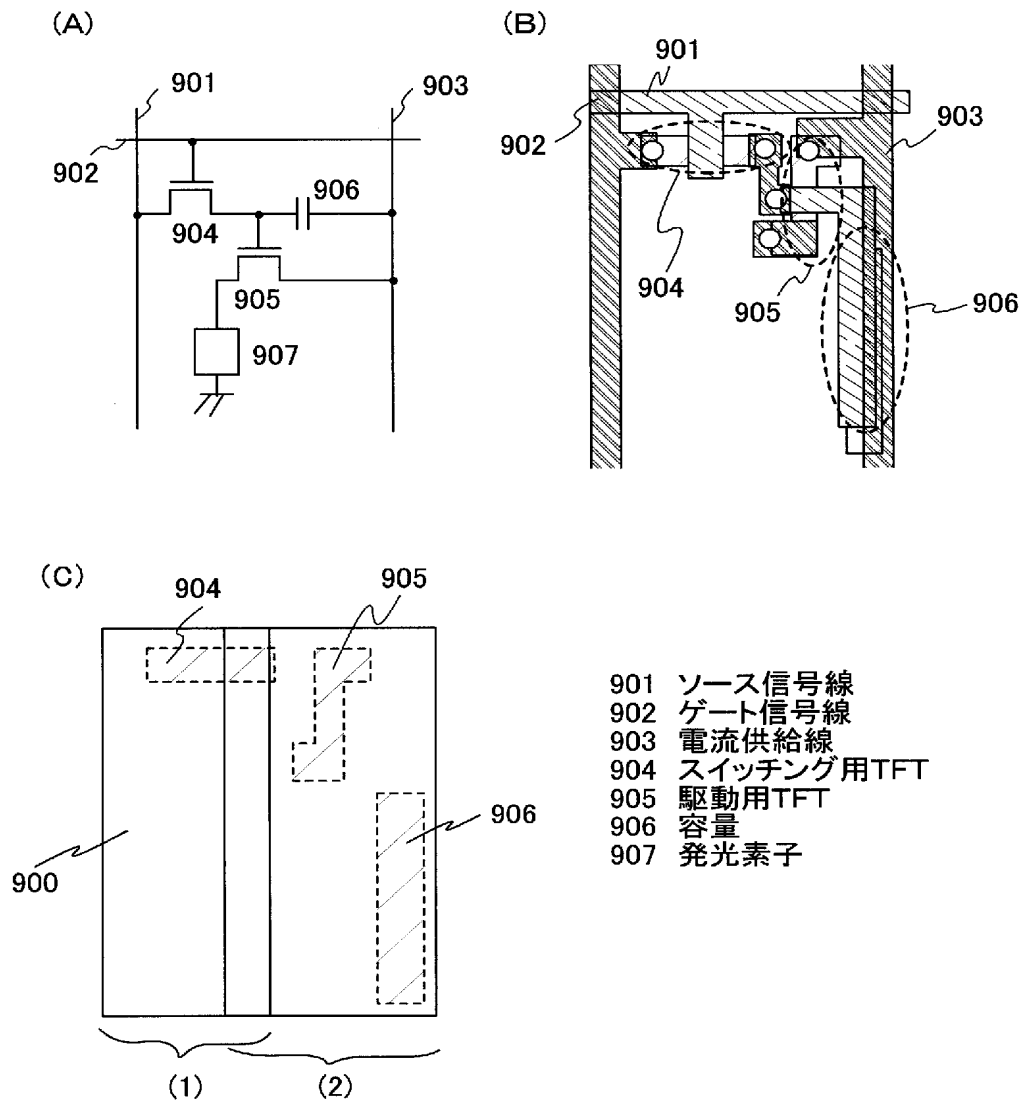




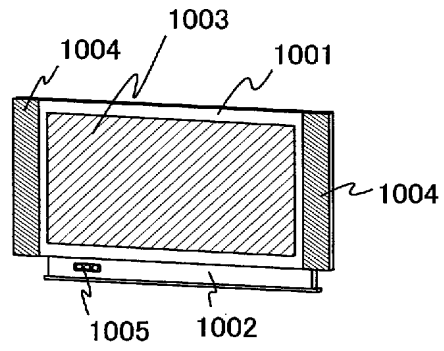




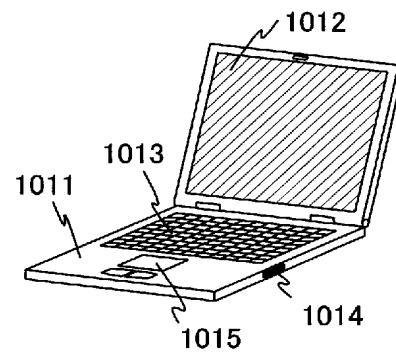
- 801 半導体膜
- 802、804、805、806 高調波によるビームスポット
- 803 基本波によるビームスポット
- 807 レーザピッチ
- 808 レーザが重なった領域



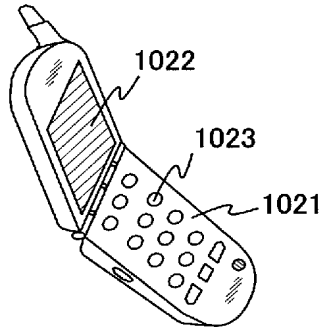
(A)



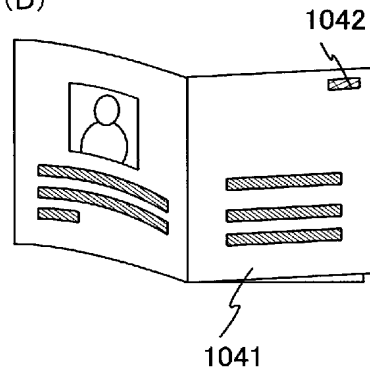
(B)



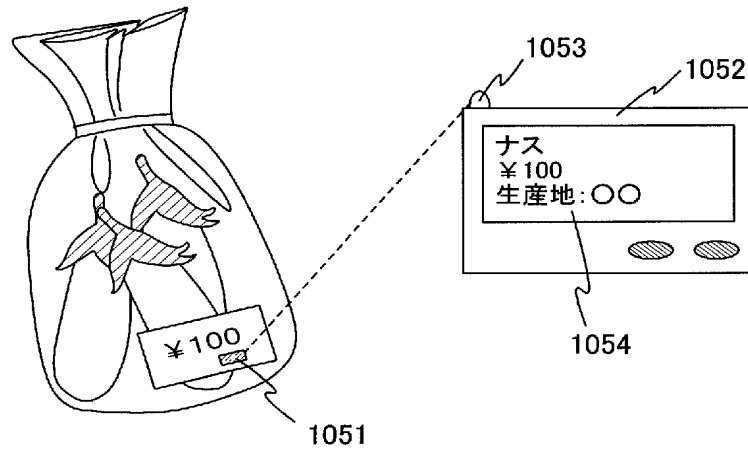
(C)

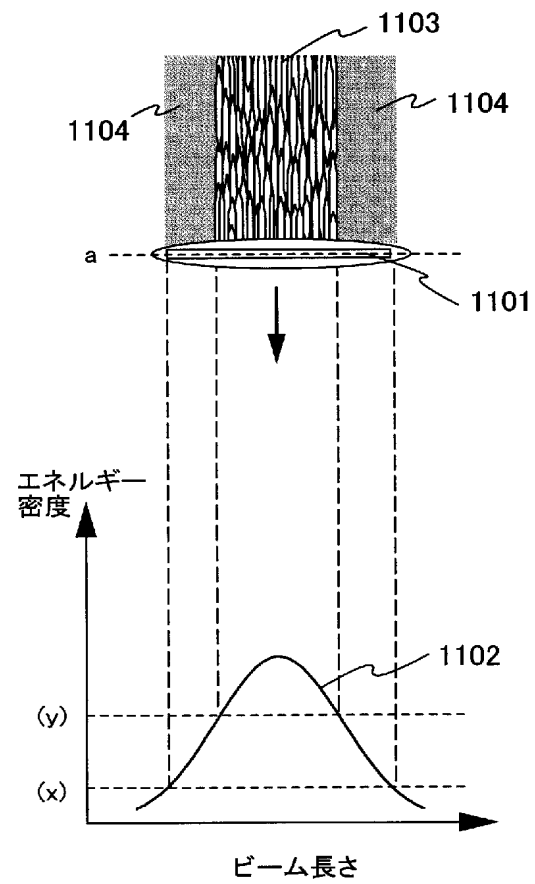


(D)



(E)





- (x) 結晶性領域が形成されるしきい値
- (y) 大粒径の結晶性領域が形成されるしきい値

【書類名】要約書

【要約】

【課題】半導体膜全面に対して均一にレーザ処理を行うことができるレーザ照射装置を提供すること、およびレーザ照射方法を提供すること。

【解決手段】第1のレーザ発振器より出射された第1のレーザビームは、スリットを通し、さらに集光レンズを通した後に照射面に入射させる。同時に、照射面において第2のレーザ発振器より出射された第2のレーザビームを第1のレーザビームに重ねて照射する。さらに、照射面に対して相対的に走査することによって、照射面を等しくアニールする。

出願人履歴

0 0 0 1 5 3 8 7 8

19900817

新規登録

神奈川県厚木市長谷3 9 8 番地

株式会社半導体エネルギー研究所